UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL

"FRANCISCO DE MIRANDA"

ÁREA DE TECNOLOGÍA

COMPLEJO ACADÉMICO EL SABINO

PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA

UNIDAD CURRICULAR: ELECTIVA III

"SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN"

Punto Fijo, Mayo del 2010

INTRODUCCIÓN

La Refrigeración es una técnica que se ha desarrollado con el transcurso del tiempo y el avance de la civilización; como resultado de las necesidades que la misma sociedad presenta a medida que avanza la tecnología y la invención en diferentes campos, contribuyendo a elevar el nivel de vida de las personas. La base sobre la que se fabrican nuevas sustancias y materiales la suministra la ciencia, siendo un tema muy interesante la selección de los refrigerantes, por dos razones principales: en primer lugar, los parámetros de operación que alcanza cada uno de ellos, esto es: presión y temperatura de evaporación y condensación y en segundo lugar la contribución a la destrucción de la capa de Ozono logrando aumentar el calentamiento global.

Las aplicaciones de la Refrigeración son muy numerosas, siendo una de las más comunes la conservación de alimentos, acondicionamiento ambiental, enfriamiento de equipos y últimamente en los desarrollos tecnológicos de avanzada en el área de los ordenadores.

La diversidad de equipos empleados para refrigeración y acondicionamiento de aire es muy grande, y su funcionamiento se ajusta, en términos generales, a ciertos procesos termodinámicos tales como: evaporación, compresión, condensación y expansión. Cada sistema tiene sus características particulares. Cada tipo de compresor opera según distintos mecanismos de compresión (alternativos, rotativos, helicoidales, entre otros). Cada dispositivo de control está diseñado para mantener algún parámetro de funcionamiento de un equipo entre determinados límites, principalmente: temperaturas, presiones, acumulación de hielo, entre otros fenómenos que se desea controlar. Algunos sistemas logran eliminar el uso de compresores valiéndose de procesos de absorción, pero a su vez requieren de fuentes externas directa e indirecta, como por ejemplo: energía eléctrica, gas natural, vapor de agua o calor residual. Así pues, la selección de sistemas de Refrigeración, dependen en gran medida de cuanta carga térmica se desea extraer, del tipo de instalación que se requiere y del costo tanto inicial como de mantenimiento.

A continuación se presentarán conceptos básicos y los aspectos más destacados de los diferentes sistemas de Refrigeración que existen.

1.- BASES CONCEPTUALES PREVIAS:

- ✓ Calor:

Es una forma de energía (térmica), generada por el movimiento molecular en la materia, esta energía se transfiere por una diferencia de temperatura.

- ✓ Calor sensible:

Es el calor que se puede medir o sentir, provoca un cambio de temperatura de una sustancia, pero no un cambio de su estado, las sustancias al estar en estado líquido, sólido o gaseoso, contienen calor sensible hasta cierto grado, hasta que sus temperaturas sean mayores que el cero absoluto. También se define como la suma de la energía interna del sistema más el producto del volumen del sistema por la presión ejercida sobre el sistema por su entorno, y no implica cambio de humedad.

- ✓ Calor latente:

La palabra latente se deriva del vocablo latino (latin: latens; de latere, estar escondido) que significa escondido. Por lo cual se trata de un calor escondido, que no lo puede registrar un termómetro ni se puede sentir. También se denomina como la cantidad de calor absorbida o desprendida por un mol, o una unidad de masa de una sustancia, durante un cambio de estado a temperatura y presión constantes. En este caso estamos en presencia de un cambio de humedad en la sustancia.

- ✓ Calor Latente de fusión:

Es el calor necesario para pasar una libra de sólido a líquido sin cambiar su temperatura a una presión atmosférica normal.

- ✓ Calor Latente de vaporización:

Es el calor necesario para pasar una libra de liquido a vapor sin cambiar su temperatura a una presión atmosférica normal.

- ✓ Frio:

Es un término relativo que describe el nivel bajo de energía o temperatura, de un objeto o área en comparación con un nivel de energía o temperatura conocido. Un ejemplo de lo relativo es que una persona que viviera en el Ártico diría que un ambiente que esté a una temperatura de 15ºC es caliente, pero para una persona en el Ecuador sería fría.

- ✓ Temperatura:

Es solo una indicación de la intensidad o grado de calor de una sustancia u objeto, por ejemplo, dos trozos de cobre uno de un kilogramo y otro de cincuenta kilogramos, indicarán la misma temperatura independiente de la masa de cada trozo.

- ✓ Escala de temperatura:

Es cada una de las maneras convencionales de graduar los termómetros con valores numéricos definidos, existiendo fórmulas especificas que relacionan las diferentes escalas. Las escalas más conocidas son: Fahrenheit y Celsius.

- ✓ Calor especifico:

Es la capacidad de un cuerpo para absorber calor.

- ✓ Transferencia de calor por conducción:

Es la transferencia de energía desde las partículas más energéticas de una sustancia a las partículas adyacentes, menos energéticas, como resultado de la interacción entre partículas.

- ✓ Transferencia de calor por convección:

Es la transferencia de energía entre una superficie solida y el fluido adyacente que se encuentra en movimiento, e involucra los efectos combinados de la conducción y el movimiento del fluido.

- ✓ Transferencia de calor por Radiación:

Es la transferencia de energía debida a la emisión de ondas electromagnéticas (o fotones).

- ✓ Refrigeración:

Es la transferencia de calor de regiones de temperatura inferior a regiones de temperatura más altas.

- ✓ Refrigerantes:

Son los fluidos de trabajo utilizados en los ciclos de refrigeración, que tienen la característica principal de evaporarse a bajas presiones y temperaturas y condensarse a altas presiones y temperaturas y son capaces de absorber calor de un ambiente.

- ✓ Ambiente Térmico:

Es el lugar que se desea acondicionar y donde se generan cargas térmicas tanto internas como externas.

- ✓ Confort humano

Es lo concerniente a proporcionar un ambiente en el cual las personas se sientan confortables, independientemente de las condiciones exteriores y básicamente comprende: la temperatura ambiente, la iluminación, la purificación del aire, el nivel de humedad en el aire, nivel sonoro y la circulación del aire dentro del ambiente.

- ✓ Aire atmosférico

Está compuesto de gases que constituyen el aire seco y vapor de agua en cantidades variables. Para propósitos prácticos se considera el aire seco constituido por 79% de nitrógeno y 21% de oxigeno, por unidad de volumen. El vapor de agua se encuentra siempre presente en el aire atmosférico en condiciones de saturado o sobrecalentado, y no obstante que su peso promedio es menor que el 3% del peso del aire atmosférico, su influencia con el confort humano es bastante significativa.

2.- TEORÍA COMPLEMENTARIA

- La refrigeración:

Proceso por el que se reduce la temperatura de un espacio determinado y se mantiene esta temperatura baja con el fin, por ejemplo, de enfriar alimentos, conservar determinadas sustancias o conseguir un ambiente agradable. El almacenamiento refrigerado de alimentos perecederos, pieles, productos farmacéuticos y otros se conoce como almacenamiento en frío. La refrigeración evita el crecimiento de bacterias e impide algunas reacciones químicas no deseadas que pueden tener lugar a temperatura ambiente.

El uso de hielo de origen natural o artificial como refrigerante estaba muy extendido hasta poco antes de la I Guerra Mundial, cuando aparecieron los refrigeradores mecánicos y eléctricos. La eficacia del hielo como refrigerante es debida a que tiene una temperatura de fusión de 0 °C y para fundirse tiene que absorber una cantidad de calor equivalente a 333,1 kJ/kg. La presencia de una sal en el hielo reduce en varios grados el punto de fusión del mismo. Los alimentos que se mantienen a esta temperatura o ligeramente por encima de ella pueden conservarse durante más tiempo.

El dióxido de carbono sólido, conocido como hielo seco o nieve carbónica, también se usa como refrigerante. A la presión atmosférica normal no tiene fase líquida, y sublima directamente de la fase sólida a la gaseosa a una temperatura de -78,5 °C. La nieve carbónica es eficaz para conservar productos a bajas temperaturas mientras dura su sublimación.

En la refrigeración mecánica se obtiene un enfriamiento constante mediante la circulación de un refrigerante en un circuito cerrado, donde se evapora y se vuelve a condensar en un ciclo continuo. Si no existen pérdidas, el refrigerante sirve para toda la vida útil del sistema. Todo lo que se necesita para mantener el enfriamiento es un suministro continuo de energía y un método para disipar el calor. Los dos tipos principales de sistemas mecánicos de refrigeración son el sistema de compresión, empleado en los refrigeradores domésticos grandes y en la mayoría de los aparatos de aire acondicionado, y el sistema de absorción, que en la actualidad se usa sobre todo en los acondicionadores de aire por calor, aunque en el pasado también se empleaba en refrigeradores domésticos por calor.

- Los refrigerantes:

Para cada refrigerante existe una temperatura específica de vaporización asociada con cada presión, por lo que basta controlar la presión del evaporador para obtener la temperatura deseada. En el condensador existe una relación similar entre la presión y la temperatura. Durante muchos años, uno de los refrigerantes más utilizados fue el diclorodifluorometano, conocido como refrigerante-12. Este compuesto clorofluorocarbonado (CFC) sintético se transformaba en vapor a

-6,7 °C a una presión de 246,2 kPa (kilopascales), y después de comprimirse a 909,2 kPa se condensaba a 37,8 °C.

En los refrigeradores pequeños empleados en las viviendas para almacenar comida, el calor del condensador se disipa a la habitación donde se sitúa. En los acondicionadores de aire, el calor del condensador debe disiparse al exterior o directamente al agua de refrigeración.

En un sistema doméstico de refrigeración, el evaporador siempre se sitúa en un espacio aislado térmicamente. A veces, este espacio constituye todo el refrigerador. El compresor suele tener una capacidad excesiva, de forma que si funcionara continuamente produciría temperaturas más bajas de las deseadas. Para mantener el refrigerador a la temperatura adecuada, el motor que impulsa el compresor está controlado por un termostato o regulador.

Los congeladores para alimentos ultracongelados son similares a los anteriores, sólo que su compresor y motor tienen que tener la potencia y tamaño suficientes para manejar un mayor volumen de refrigerante con una presión menor en el evaporador. Por ejemplo, para mantener una temperatura de -23,3 °C con refrigerante-12 se necesitaría una presión de 132,3 kPa en el evaporador.

El refrigerante-12 y otros dos CFC, el refrigerante-11 y el refrigerante-22, eran los principales compuestos empleados en los sistemas de enfriamiento y aislamiento de los refrigeradores domésticos. Sin embargo, se ha descubierto que los CFC suponen una grave amenaza para el medio ambiente del planeta por su papel en la destrucción de la capa de ozono. Según el Protocolo de Montreal (*véase* Contaminación atmosférica: Medidas gubernamentales), la fabricación de CFC debía finalizar al final de 1995. Los hidroclorofluorocarbonos, HCFC, y el metilbromuro no dañan la capa de ozono pero producen gases de efecto invernadero. Los HCFC se retirarán en el 2015 y el consumo de metilbromuro se limitará progresivamente. La industria de la refrigeración debería adoptar rápidamente otros compuestos alternativos no perjudiciales, como el metilcloroformo.

- Sistemas de absorción:

Algunos refrigeradores domésticos funcionan mediante el principio de absorción. En ellos, una llama de gas calienta una disolución concentrada de amoníaco en agua en un recipiente llamado generador, y el amoníaco se desprende en forma de vapor y pasa a un condensador. Allí se licúa y fluye hacia el evaporador, igual que en el sistema de compresión. Sin embargo, en lugar de pasar a un compresor al salir del evaporador, el amoníaco gaseoso se reabsorbe en la disolución diluida y parcialmente enfriada procedente del generador, para formar de nuevo una disolución concentrada de amoníaco. Este proceso de reabsorción se produce en un recipiente llamado absorbedor, desde donde el líquido concentrado fluye de vuelta al generador para completar el ciclo.

La refrigeración por absorción se usa cada vez más en refrigeradores para acondicionar el aire, en los que resultan adecuadas temperaturas de refrigerante entre 7 y 10 °C aproximadamente. En este rango de temperaturas puede emplearse agua como refrigerante, y una disolución acuosa de alguna sal, generalmente bromuro de litio, como material absorbente. El agua hierve a una temperatura muy baja en el evaporador porque la presión allí es muy reducida. El vapor frío se absorbe en la disolución salina concentrada. Después, esta disolución se bombea al generador donde, a temperatura elevada, se hace hervir el agua sobrante para aumentar la concentración de sal en la disolución; ésta, después de enfriarse, circula de vuelta al absorbedor para completar el ciclo. El sistema funciona con un vacío elevado: la presión del evaporador es aproximadamente de 1 kPa, y el generador y el condensador están a unos 10 kPa. Generalmente, estas unidades se calientan con llama directa o utilizan vapor generado en una caldera.

- Sistemas por compresión**:**

Los sistemas de compresión emplean cuatro elementos en el ciclo de refrigeración: compresor, condensador, válvula de expansión y evaporador. En el evaporador, el refrigerante se evapora y absorbe calor del espacio que está enfriando y de su contenido. A continuación, el vapor pasa a un compresor movido por un motor que incrementa su presión, lo que aumenta su temperatura. El gas sobrecalentado a alta presión se transforma posteriormente en líquido en un condensador refrigerado por aire o agua. Después del condensador, el líquido pasa por una válvula de expansión, donde su presión y temperatura se reducen hasta alcanzar las condiciones que existen en el evaporador.

- Energía y ambiente:

La conversión de energía de una forma a otra a menudo afecta al ambiente y al aire que se respira en diversas maneras, y de aquí que el estudio de la energía no será completo si no se toma en cuenta su impacto en el ambiente. Los combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas natural han suministrado potencia al desarrollo industrial y a las comodidades de la vida moderna que se disfrutan desde 1700, aunque esto no ha sido posible sin efectos colaterales indeseables. Desde el suelo donde se cosecha y el agua que se bebe hasta el aire que se respira, el ambiente ha pagado un costo muy alto. La emisión de contaminantes durante la combustión de combustibles fósiles es responsable del esmog, la lluvia ácida, el calentamiento global y el cambio de clima. La contaminación ambiental ha alcanzado niveles tan altos que se ha vuelto una seria amenaza para la vegetación, para la vida animal y para la salud humana. La contaminación del aire ha sido la causa de numerosos problemas de salud incluyendo asma y cáncer. El incremento de la contaminación ambiental a velocidades alarmantes y el aumento de la percepción del peligro que se produce, hace necesario su control por medio de las Leyes y tratados internacionales. Estos estándares iniciales se enfocaron sobre las emisiones de hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono. Los niños son mucho más susceptibles a los daños causados por las contaminaciones en el aire puesto que sus organismos están aún en desarrollo, y las personas con problemas del corazón y

pulmonares también se ven más afectados, esto se hace más evidente cuando los niveles de contaminante aumentan en la región donde viven.

- Efecto invernadero: cambio de clima y el calentamiento global

Probablemente ha observado que cuando se deja el auto directamente bajo los rayos del sol en un día soleado, el interior del auto se calienta mucho más que el aire exterior y la cuestión es ¿Por qué el automóvil actúa como una trampa de calor? Esto se debe a que el vidrio, en los grosores empleados comúnmente transmite más del 90% de la radiación en el rango visible y es prácticamente opaco (no transparente) a las radiaciones de longitudes de onda más larga, en la región infrarroja emitida por las superficies interiores. Esto provoca un aumento de la temperatura como resultado de la energía creada en el auto. Los efectos de este calentamiento se conocen como efecto invernadero ya que se utiliza principalmente en los invernaderos.

El efecto invernadero también se manifiesta a mayor escala en la superficie de la tierra, que se calienta durante el día como resultado de la absorción de la energía solar, se enfría por las noches irradiando parte de su energía hacia el espacio profundo como radiación infrarroja. El dióxido de carbono (CO_2), el vapor de agua y trazas de algunos otros gases como metano y algunos otros gases como metano y óxidos de nitrógeno actúan como una manta y conservan tibia a la tierra por la noche por el bloqueo del calor que se irradia desde la tierra. Este efecto permite la vida sobre la tierra ya que la conserva tibia (alrededor de 30ºC más caliente), sin embargo, cantidades excesivas de estos gases perjudican el delicado balance atrapando demasiada energía, lo que origina un aumento en la temperatura de la tierra y el cambio de clima en algunas localidades. Estas consecuencias indeseables del efecto invernadero se conocen como calentamiento global o cambio de clima global.

3.- PRINCIPALES CAMPOS DE APLICACIÓN DE LA REFRIGERACIÓN

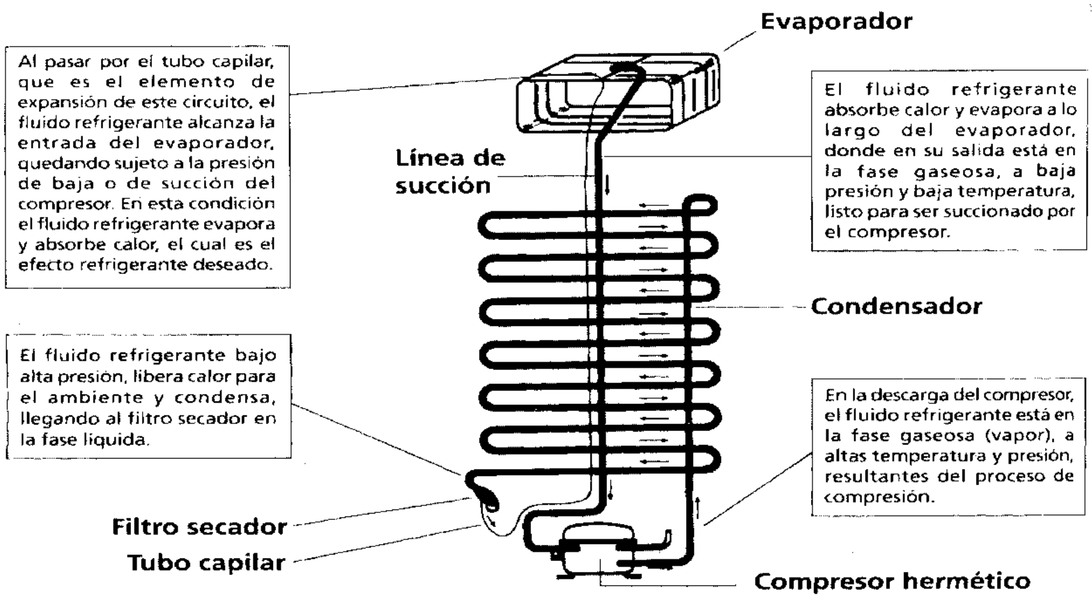
- Refrigeración doméstica:

Dentro de este sistema se destacan las neveras, diversas combinaciones de nevera – congelador y congeladores. Las neveras y congeladores de mayor precio están equipadas con circuitos para su descongelamiento automático, mientras que las combinaciones nevera-congelador siempre cuentan con este circuito auxiliar. Además, las neveras y combinaciones de nevera-congelador pueden ser equipadas con sistemas automáticos fabricadores de hielo y otros dispositivos de confort, tales como: puntos dispensadores de agua potable, proveniente de la red externa, circuitos de enfriamiento rápido de productos, controles de funcionamiento sofisticados basados en microprocesadores, e incluso interfaz para conexión vía internet con el taller de servicio autorizado para realizar un prediagnóstico antes del envío técnico de servicio.

- Neveras Domésticas:

Pueden presentarse en dos configuraciones básicas: una o dos puertas. Desde el punto de vista de comodidad de uso, se ofrecen dos opciones: con y sin escarcha. El tamaño de una nevera se define en base a la capacidad interna del gabinete, que es igual a su volumen interno, y se expresa en pies cúbicos (sistema Inglés) o litros (sistema internacional). Las neveras comienzan a fabricarse a partir de los 2pie^3 = 57 lts y llegan hasta los 12 pie^3 = 340 lts. En las neveras de uso doméstico existe una sección con

temperaturas de congelación en el interior del evaporador y sus paredes. Este se moldea en forma de paralelepípedo, con la cara posterior abierta, pero a corta distancia de la pared posterior interna del gabinete y la anterior normalmente cerrada por una puerta interna que disminuye y controla el intercambio con el resto del compartimiento. El evaporador se fija a la cara superior del interior del gabinete de manera que provea enfriamiento al resto del compartimiento de alimentos por convección (ver fig 1).



En cuanto a los sistemas de Refrigeración empleados, las más sencillas y económicas (entre 57 y 340 lts) generalmente utilizan compresores herméticos enfriados por convección natural, con potencias que varían desde 37w hasta 124w; condensadores de tubo-alambre o tubo-lámina, enfriados por convección natural, montados externamente en la pared posterior del gabinete; evaporadores de tipo “roll-bond”: consistente en dos láminas de aluminio adheridas una a la otra, excepto en un trazado continuo interno, en relieve, que se ha diseñado para qué circule el gas refrigerante entre el dispositivo de expansión, que en estos casos siempre es un tubo capilar, y la línea de retorno de gas al compresor; estos evaporadores exponen una gran área superficial destinada a absorber calor del interior del gabinete para que sea retirado de allí por el flujo de refrigerante en evaporación y normalmente incluyen, cerca de la salida, un acumulador de líquido (que se observa como un ensanchamiento del trazado en relieve cercano al punto de conexión de la línea de retorno al compresor), que minimiza el riesgo de retorno de líquido a aquel en ocasiones de carga crítica del sistema (baja absorción de calor en el evaporador y falla de corte oportuno del termostato o exceso de carga de refrigerante).

Control Termostático

El control de funcionamiento del Compresor se logra mediante un termostato de diafragma, sensible a la temperatura, en un punto predeterminado por el fabricante en el interior del gabinete, el cual abre el circuito de alimentación eléctrica del compresor al alcanzarse la temperatura deseada (programable por el usuario), y cierra nuevamente el circuito cuando la temperatura asciende y alcanza un valor diferencial no programable por

el usuario. El diferencial entre la temperatura de arranque y parada del compresor es prefijado en la fábrica y es un valor de compromiso que establece la mínima variación de temperatura que permita que el tiempo de trabajo-reposo del compresor tenga una distribución de 50% - 50% en condiciones normales de operación.

Condiciones normales de funcionamiento (temperaturas y presiones):

Para aplicaciones de conservación de alimentos son muy comunes las siguientes temperaturas de diseño, sin embargo hay que resaltar que esto varía en función del refrigerante y de las condiciones que se desean alcanzar:

(Ver fig 2)

T_1 = Temperatura a la entrada del evaporador = -26ºC.

T_2 = Temperatura a la salida del evaporador = -25ºC ~ -26ºC.

T_3 = Temperatura a la entrada del compresor = 3 ~ 5ºC < T_{amb}

T_4 = Temperatura de condensación = 10 ~ 13ºC > T_{amb}

T_5 = Temperatura de descarga del compresor = 120ºC.

T_6 = Temperatura del domo del compresor = 110ºC.

T_7 = Temperatura del bobinado del motor del compresor < 130ºC

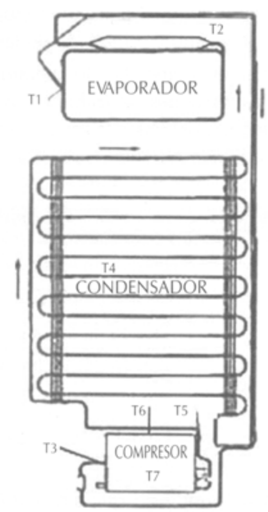


Fig 2: Temperaturas del Circuito de una nevera doméstica

Estos límites de temperatura deben ser respetados rigurosamente pues de ello depende que el compresor funcione bien durante su periodo de vida útil, y las razones son las siguientes:

- ✓ Temperaturas a la entrada y salida del evaporador: Generalmente son iguales o muy aproximadas, determinan que se está empleando este a su plena capacidad y dependen de la temperatura de evaporación del gas empleado.
- ✓ Temperatura a la entrada del Compresor: Depende de que el proceso de evaporación se haya completado dentro del evaporador y del trayecto del vapor por la línea de succión. Para obtener una temperatura aceptable se suele recurrir a un intercambio de calor entre el tubo capilar y el tubo de retorno desde el evaporador a la succión del compresor. El rango de esta temperatura tiene por objeto: por el límite inferior, que no haya retorno de líquido al compresor; y por el superior que el gas de retorno no llegue excesivamente caliente, pues el equilibrio térmico de funcionamiento, en este caso de un compresor de baja presión de succión (LBP) requiere de la baja temperatura del gas de retorno para enfriar el compresor y mantener sus temperaturas criticas por debajo de los límites aceptables.

- ✓ Temperatura de condensación: Deben estar por encima de la temperatura ambiente para que haya intercambio de calor desde el gas refrigerante hacia el aire que rodea el condensador. También debe ser tal, que respete la máxima presión de descarga recomendada para el compresor.
- ✓ Temperatura de descarga del compresor: Usualmente medida en el tubo de descarga, a 5 cm de la carcasa, es un fiel reflejo de la temperatura de la válvula de descarga. Si la temperatura en la válvula de descarga supera el valor límite hay riesgo de carbonización del lubricante en el asiento de la válvula, con la consiguiente pérdida de compresión.
- ✓ Temperatura medida en el domo del compresor: Es aquella que se mide en el centro de la tapa del compresor, normalmente se correlaciona con la temperatura del bobinado del motor, siendo la temperatura del domo aproximadamente 20ºC más baja que la temperatura de bobinas.
- ✓ Temperatura de los bobinados del motor: Esta solamente se puede medir por el método de variación de la resistencia, pues no podemos acceder a ellos con instrumentos de medición directa de la temperatura.

Otro parámetro muy importante a tomar en consideración son las presiones de trabajo. Estas dependen del gas refrigerante empleado, y deben fijarse teniendo en cuenta además de los valores necesarios para un funcionamiento adecuado, la presión critica del refrigerante. Cabe destacar que en estos parámetros juega un papel muy importante la condición de saturación de cada fluido de trabajo. Analicemos entonces algunas características principales de estas presiones:

- ✓ Presión de Baja o de Evaporación: La presión de equilibrio que alcance el circuito de refrigeración durante los períodos de reposo del compresor dependerá de la carga de gas del sistema, que deberá ser calculada de manera de lograr el efecto máximo de enfriamiento en el evaporador, que se observa cuando las temperaturas de entrada y salida son iguales o casi iguales. Por consiguiente, esta presión deberá ser igual a la entrada y a la salida del evaporador, y deberá permanecer constante en cada ciclo siempre que no exista ninguna falla durante el funcionamiento. Un exceso de carga producirá como efecto, primero: que las presiones de equilibrio sean superiores a lo especificado, y segundo: retorno de líquido al compresor.
- ✓ Presión de alta o de descarga del Compresor: Depende del gas en el circuito y nuevamente de la carga de gas. Las presiones de descarga elevadas pueden ser producto de una sobrecarga de gas en el sistema, así como de un condensador sucio o mal ventilado, por falla del ventilador, si es de enfriamiento forzado u obstrucción del flujo regular de aire de enfriamiento.

Otros componentes del circuito eléctrico de un sistema de Refrigeración Doméstica:

En un circuito básico de refrigeración, se encuentran además de los elementos descritos, los accesorios externos propios del compresor hermético: relé de arranque (amperométrico o PTC), protector térmico bimetálico de accionamiento por temperatura y/o consumo del compresor, y eventualmente un capacitor de arranque del compresor, destinado a mejorar el par de arranque del compresor, cuando las presiones de alta y baja no tienen oportunidad de equilibrarse o cuando existen condiciones de alimentación eléctricas tales, que la tensión en bornes del compresor desciende excesivamente debido

a que el consumo de corriente de arranque produce una caída de tensión temporal en la línea de alimentación del artefacto. Los compresores de alta eficiencia llevan siempre un capacitor permanente (capacitor de marcha), destinado a disminuir el consumo de energía.

El circuito elemental solo requiere de un dispositivo de control de funcionamiento del motocompresor, el cual en refrigeración doméstica es normalmente un termostato. En aplicaciones comerciales puede también encontrarse un dispositivo de control basado en la presión de retorno al compresor, empleando un presostato.

En el circuito eléctrico, a continuación del dispositivo de control primario del motocompresor y en aplicaciones de equipos sin escarcha puede encontrarse otro dispositivo, un reloj de descongelamiento con su circuito asociado, consistente en una resistencia eléctrica de descongelamiento y un dispositivo bimetálico para la desconexión de esta.

- **Congeladores Domésticos verticales y horizontales:**

Son unidades destinadas a la conservación a largo plazo de productos perecederos, a temperaturas que garanticen la detención de cualquier proceso de reproducción bacteriana. Las bajas temperaturas minimizan el deterioro de los alimentos, reducen la multiplicación de bacterias, microorganismos y enzimas en células y fibras vivas, y reducen la pérdida de fluidos de los alimentos. Para conservar cierto tipo de alimentos comunes por períodos largos la temperatura debe estar por debajo de -18ºC preferiblemente menor que -20ºC.

Existen versiones verticales, que externamente son iguales a una nevera, pero internamente están construidos para trabajar a temperaturas de congelación. El termostato opera, por supuesto, en un rango de temperaturas más bajo que el de una nevera y requieren compresores de mayor potencia para una misma capacidad interna.

Otra configuración disponible en el mercado de aplicaciones domésticas es la que, a similitud de las unidades comerciales, está dispuesta en una caja o gabinete de acceso por arriba, llamados congeladores horizontales; usualmente no disponen de parrillas que permiten una mejor acomodación de las mercancías, pero son más efectivas en mantener la temperatura interior al abrirla puerta de acceso.

Los congeladores domésticos de menor capacidad interior (hasta 250 lts) emplean compresores dotados de circuito enfriador de aceite, que no requiere ventilación forzada, pero la gran mayoría trabaja con sistemas de compresores herméticos y condensadores enfriados por ventilador, en tanto que los evaporadores pueden ser de tubo y aletas, o placa, en las versiones verticales y siempre de placa en las versiones horizontales.

El principio de funcionamiento es el mismo que el explicado para neveras, excepto por los mayores requerimientos de potencia del compresor para alcanzar y mantener las temperaturas de congelación. Los congeladores horizontales casi siempre requieren descongelación manual y la descarga de agua de deshielo se efectúa a través de un orificio en el piso obstruido por un tapón.

Componentes de un circuito de Refrigeración en neveras o congeladores domésticos:

- ✓ **Motocompresor hemético reciprocante o alternativo:** Este componente, conocido también como unidad sellada o comúnmente llamado “motor”, consiste

en un conjunto compresor-motor, ensamblados bajo estrictas normas de limpieza y con tolerancias y ajustes de alta precisión; y sujetos dentro de una carcaza soldada herméticamente.

- **Capacidad del compresor:**

La capacidad del compresor puede expresarse en Kcal/hr o Btu/hr, aunque con más frecuencia se usa la unidad HP. Es recomendable que los técnicos conozcan la capacidad frigorífica de un compresor al hacer un reemplazo por otro de otra marca o idealmente el desplazamiento volumétrico puesto que esto determina la verdadera equivalencia en cuanto a la aplicación determinado. Un mejor COP permitirá reducir el consumo de energía, pero en lo que respecta al trabajo termodinámico, es mejor indicativo emplear el desplazamiento volumétrico o cilindrada al momento de tomar una decisión de sustitución de compresores.

Descripción de las funciones de los tubos en la carcasa del compresor:

Dos de estos tubos son acceso directo al interior de la carcasa y se emplean, uno para conectar un tubo de servicio y carga y el otro para la conexión de la línea de retorno del evaporador. El tercer tubo corresponde a la descarga del gas comprimido a alta presión. El gas comprimido en el mecanismo de compresión es retenido por la válvula de lámina “flapper” de descarga, y antes de dejar el cuerpo, debe pasar por cámaras destinadas a atenuar el nivel de ruido de las válvulas de succión y descarga, antes de ser enviado al exterior de la carcasa a través de un tubo de pequeño diámetro conformado por formas geométricas curvas diseñadas para que absorban gran parte de la vibración, el cual se suelda internamente al tercer tubo ya mencionado, de tal modo que al conectar el compresor al sistema de refrigeración en que va a trabajar el amortiguamiento de ruido sea el máximo posible.

Los dos tubos adicionales que salen de la carcasa en la parte más cercana al fondo de esta, en las versiones de cinco tubos, realmente corresponden a “dos extremos de un tubo” plegado, doblado, curvado y conformado para acomodar una determinada longitud en la menor área posible, para que se sumerja totalmente en el aceite de lubricación que se mantiene en el fondo de la carcasa, con la finalidad de enfriar el aceite con gas proveniente del condensador, tomado desde un punto en el que ya haya perdido parte del calor ganado en el proceso de compresión, y devuelto posteriormente al mismo en el condensador para que prosiga perdiendo calor hasta alcanzar el estado líquido, antes de llegar al filtro secador y el dispositivo de expansión.

Los compresores alternativos dependen de un delicado sistema de suspensión interna, basado en resortes, en algunos casos de tracción y más modernamente de compresión, destinados a minimizar la transferencia a la carcasa de la vibración propia del motor eléctrico y el mecanismo de compresión de gas. La carcasa debe ser montada sobre bases amortiguadores, generalmente de caucho blando, ajustadas a una cierta tensión, cuya función es reducir aún más el nivel de vibración que el compresor pueda transferir al gabinete.

Se han hecho progresos importantes en la reducción de los niveles de ruidos de los compresores alternativos, así como en el desempeño desde el punto de vista de consumo de energía.

- **ACONDICIONADORES DE AIRE**

A nivel doméstico la clasificación más usual es:

- ✓ **Equipos de aire acondicionado unitarios:** Están diseñados para controlar las condiciones de temperatura y humedad en ambientes individuales, y se clasifican en:
  - Unidades de ventana
  - Unidades tipo Split
  - Unidades compactas

  - **Unidades de ventana:** Se le atribuye este nombre debido al lugar donde este puede ser colocado, esto es, en la ventana de una habitación, o en una apertura hecha en la pared. Solo requieren de una estructura ligera de apoyo o soporte y un tomacorriente con la tensión, frecuencia y capacidad de corriente requerida por el aparato. El equipo se desliza dentro de una caja metálica que le sirve de protección contra los cambios de clima y puede extraerse totalmente para su mantenimiento. En la misma base extraíble se montan todos los componentes del sistema de refrigeración y sus controles (ver fig 19); separando los componentes del lado a alta presión de los del lado de baja, por un panel que provee aislamiento térmico y sonoro. En la parte exterior de este panel se ubican el compresor, condensador, filtro secador, capilar o válvula de expansión automática y motor eléctrico con sus componentes de control. El motor eléctrico dispone de doble salida de eje (una en cada extremo) destinadas a mover el aspa de ventilación del condensador y compresor en su extremo externo, y la turbina de movimiento del aire en a través del evaporador en el extremo opuesto, que pasa al interior a través de un orificio en el panel de separación. En el frente del aparato se ubica el serpentín del evaporador, a través del cual es aspirado el aire ambiental de la habitación. El aire aspirado por la turbina es expulsado a través de unas aperturas dispuestas encima del evaporador para ser devuelto a la habitación. Estas aberturas tienen deflectores cuya función es dirigir el flujo de aire saliente en la dirección que el usuario desee. Mediante un control se puede abrir o cerrar una toma de aire exterior que permite renovar el aire de la habitación en caso de que este se encuentre viciado; cuando este control se encuentra en la posición abierta el equipo reduce su capacidad de enfriamiento pues está admitiendo una cierta cantidad de aire del exterior, que se encuentra a una temperatura superior. El aire que pasa a través del evaporador condensa humedad del aire, la cual gotea hasta una bandeja recolectora que descarga a través de un orificio dispuesto en el borde exterior de la base.

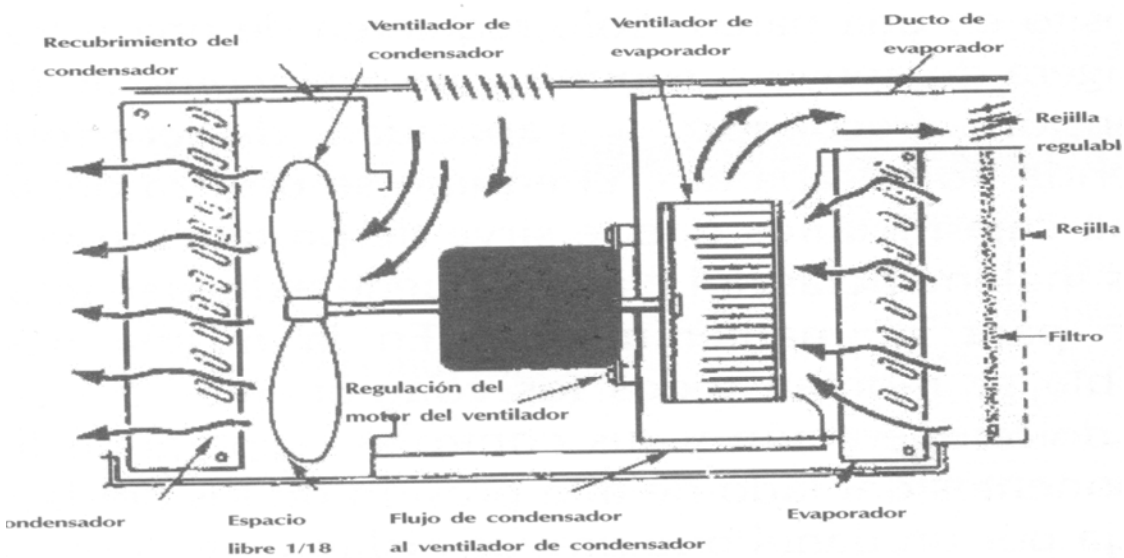


Fig 19: Vista en corte de un AA de ventana

Frente al evaporador se coloca un filtro de partículas sólidas con el fin de purificar el aire, el cual debe ser limpiado con cierta frecuencia pues la turbina del evaporador es de gran caudal, capaz de renovar el aire de la habitación que se está enfriando varias veces por hora. Este alto caudal también evita que el evaporador se congele. Cuando el filtro de polvo se obstruye, se puede observar como una consecuencia que el evaporador comienza a congelarse.

Los controles de operación se ubican en un panel, regularmente al lado del evaporador, desde donde se puede seleccionar la velocidad de rotación del motor eléctrico, en un rango de 3 y 5 velocidades, para lograr un mayor intercambio a la máxima velocidad, o menor ruido a velocidades más bajas.

Un segundo control permite seleccionar la alternativa de abrir o cerrar la entrada de aire exterior. Finalmente, el control del motocompresor se efectúa mediante un termostato de diafragma, que permite seleccionar la temperatura de la habitación, cuyo bulbo se coloca en contacto con el evaporador, cerca del punto de entrada del refrigerante. El termostato también actúa como protección contra la formación de hielo en el evaporador. Todo el aparato una vez introducido en su caja, es cubierto por una máscara que provee la apariencia estética de la unidad de ventana (ver fig 20)

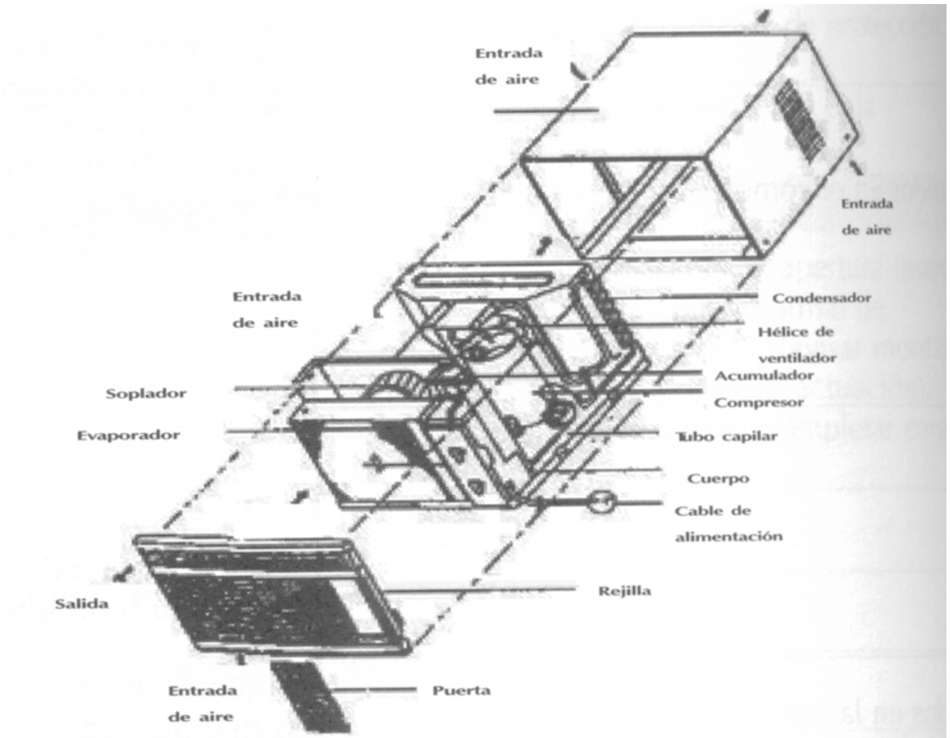


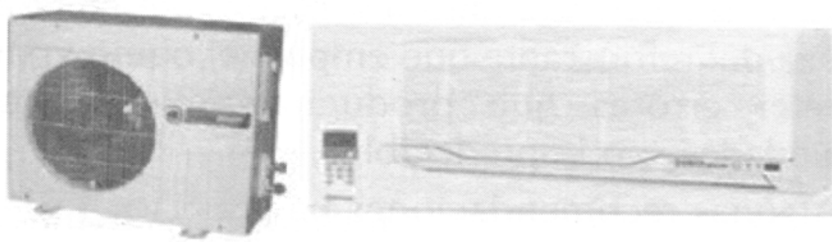
Fig 20: Despiece, componentes mayores de un AA de ventana

A pesar de que los compresores empleados en estas aplicaciones son del tipo de alto arranque, es recomendable no permitir un arranque inmediatamente después de haberse apagado pues las condiciones de presión pueden impedir que el motor acelere y comience a ciclar por protección térmica, lo cual es indeseable para el motor eléctrico. A fin de controlar esta característica se ha hecho práctica común agregar un protector de arranque, entre el tomacorriente y el enchufe de aparato.

El mantenimiento preventivo debe efectuarse al menos una vez al año, observando inicialmente el funcionamiento, midiendo consumo y anotando todas las condiciones indeseable o impropias; posteriormente se debe desconectar y sacar el equipo de su alojamiento y efectuar limpieza o cambio del filtro de polvo del evaporador, limpieza del evaporador y condensador, limpieza general de todo el equipo, inspección visual de los componentes del sistema, reposición de tornillos, abrazaderas y sujetadores; al completarse el proceso de inspección y montarlo en su sitio se debe verificar el consumo eléctrico y la presencia de sonidos extraños.

- **Unidades tipo Split:** Su costo es más elevado, presentan la ventaja de menor nivel de ruido que las unidades de ventana pues el único componente instalado en la habitación es la consola donde se encuentran: válvula de expansión automática, evaporador, turbina, filtro de polvo, control de temperatura (remoto) y deflectores del flujo de aire.

El resto del equipo se monta en un sitio adyacente, fuera de a habitación, y ambas unidades (ver fig 21) se conectan mediante dos tubos de cobre de pequeño diámetro. Toda la sección de alta presión se monta en la unidad exterior, denominada condensadora, donde se instalan: compresor (casi siempre rotativo), condensador de aire forzado, motor ventilador de condensación y los controles asociados a estos elementos. Estas unidades vienen usualmente con la carga completa de refrigerante precargada en un recipiente para tal fin y una vez conectados ambos componentes del sistema – unidad condensadora con cónsola de control de evaporación; y una vez hecho el vacío en el circuito completo, se abren las válvulas que distribuyen la carga de refrigerante en el sistema.


Unidad exterior de equipo "split" .

Unidad interior de equipo "split".

Fig 21: Ambas unidades del equipo tipo Split

- **Unidades compactas:** Tal como las unidades de ventana, todo el equipo está instalado en un gabinete que aloja todos los componentes del sistema (ver fig 22). El condensador puede ser enfriado por aire o por agua. Deben estar equipadas con entrada de aire para renovación del aire del ambiente a acondicionar y sistema de recolección y evacuación del agua condensada. Se emplean habitualmente en instalaciones comerciales donde el espacio es muy limitado y las necesidades de enfriamiento no pueden ser satisfechas por otro tipo de acondicionador de aire.

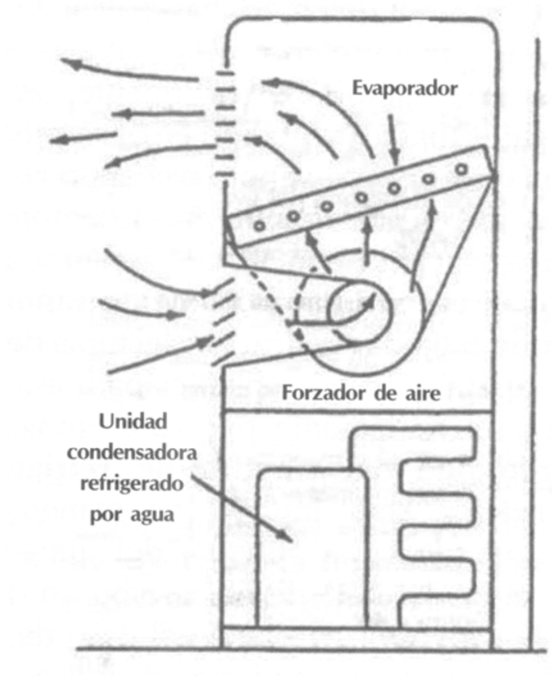


Fig 22: Unidad de AA compacta

Procedimiento de carga para sistemas de aire acondicionado:

Es importante tener plena certeza del refrigerante que usa el equipo para no cometer errores de mezclar los distintos refrigerantes cuyas propiedades son impredecibles. Algunas recomendaciones básicas son las siguientes:

- Evitar la descarga de refrigerante a la atmósfera.
- Verifique la hermeticidad del sistema cuidadosamente antes de cargarlo
- Efectúe un buen vacío. Recuerde que el R22 es más higroscópico que el R12, por lo tanto, puede contener humedad perjudicial para los materiales del compresor y que esta no va a ser puesta de manifiesto por congelamiento en el dispositivo de expansión.
- Si está cargando R22 (una sustancia pura), puede y es recomendable cargar por el lado de baja en fase vapor, excepto que se trate de una instalación de grandes dimensiones en la cual la cantidad a cargar sea de tal magnitud que imponga la carga en fase líquida por alta.
- Una vez que el gas se haya distribuido en el sistema por su propia presión de vapor, cuidando de que no haya ingreso de liquido en el compresor, complete la carga con el compresor funcionando, agregando paulatinamente vapor por el lado de baja hasta alcanzar lecturas de presiones de alta y baja aceptables para esa aplicación y el refrigerante que esté empleando. Recuerde que del cilindro del refrigerante deberá extraer solo líquido, de manera que deberá emplear la válvula del juego de manómetros del lado de baja como un dispositivo de expansión,

abriendo el paso del refrigerante y cerrándolo, en forma de pulsos, para que el líquido se evapore en este dispositivo antes de ingresar al sistema.

- Verifique que no queden fugas en los puntos de conexión al sistema donde conectó los instrumentos de medición de presiones.
- Verifique que las presiones del sistema sean satisfactorias y que la temperatura del aire entregado sea la especificada. Compruebe que no haya escarcha en el tubo de retorno al compresor, que las temperaturas de condensación, de descarga del compresor, del domo del compresor, y de la línea de succión estén dentro de los límites de funcionamiento normal, y finalmente confirme que el compresor cicla por termostato y no por protección térmica.
- Registre en el cuaderno de servicio del equipo las notas correspondientes.

Diagnóstico de fallas y reparaciones en equipos de aire acondicionado:

La vida útil del equipo dependerá del cuidado que se preste a cada componente del sistema y el técnico de servicio debe prestar atención a los pequeños detalles, muchas veces omitidos, que con el tiempo se transforman en un daño mayor. Algunas recomendaciones generales son:

- **Unidad condensadora:**

Limpiar las aletas disipadoras de calor con la frecuencia requerida según la calidad del aire ambiental. Es preferible hacerlo utilizando un detergente jabonoso y vapor de agua a presión para eliminar la grasa que pueda habérsele adherido. Existen productos químicos con componentes ácidos, que limpian más rápidamente; sin embargo, se debe tener la precaución de eliminar totalmente mediante un meticuloso enjuague cualquier residuo del producto de los intersticios de las aletas al terminar el lavado. De no hacerse un enjuague satisfactorio, este residuo ataca el aluminio, opacando primero su superficie y reduciendo con el tiempo su resistencia mecánica, como consecuencia de lo cual se desintegrará al aplicársele agua a presión en las sucesivas limpiezas, reduciendo el área de intercambio de calor y bajando la capacidad del condensador.

Revisar la integridad de la estructura de soportes de los componentes. Reapretar todos los tornillos que estén flojos y reponer los que falten. Asegurar todos los paneles en su sitio pues su función es proteger los componentes y evitar accidentes. Revisar que los protectores de aspas estén correctamente montados.

Revisar la condición de los diversos componentes de la unidad: compresor (presiones de trabajo, temperaturas en los diversos puntos de importancia, consumo eléctrico, entre otros); componentes eléctricos: motor eléctrico de movimiento de aire (rigidez del montaje, consumo, estado de las aspas, velocidad de rotación, cojinetes o rodamientos); contactores, dispositivos de protección, etc. Regulaciones de termostato y presostatos, cantidad de lubricante en los reservorios de aquellos componentes que requieran lubricación. Al retirar las mangueras de medición de presión de las conexiones del

sistema, hágalo con un mínimo de pérdida de refrigerante y coloque en su sitio los tapones en las válvulas de servicio.

Verificar que las tuberías que transportan refrigerante no presenten manchas aceitosas. Corrija situaciones de riesgo. Las manchas de aceite en tuberías de refrigerante son evidencias seguras de fugas, que deben ser corregidas. Observe la condición del refrigerante a través del visor en la línea de líquido para determinar su alcalinidad o acidez y que no haya habido pérdida de refrigerante.

Prestar atención a sonidos extraños y vibraciones, identifique la fuente y corrija la falla.

Es una buena práctica mantener el equipo en condiciones originales, empleando herramientas y repuestos de buena calidad.

Programe anticipadamente cualquier trabajo de mantenimiento mayor que surja de la inspección, asesórese debidamente antes de comenzar la tarea prevista. Piense en como efectuar el trabajo sin dejar escapar refrigerante. En caso de que el compresor sufra daños, es muy probable que el grado de contaminación de contaminación del refrigerante lo convierta en una sustancia peligrosa, que deberá recuperar para llevarlo a centros de acopio para destrucción.

Finalmente, limpie la zona adyacente a la unidad, retirando basura, materiales de desecho y cualquier objeto que pudiera ser succionado por el aire aspirado.

- **Unidad Evaporadora:**

Limpiar el filtro que se coloca delante del evaporador con la frecuencia necesaria para que la suciedad acumulada no restrinja el flujo de aire. Cuando el filtro se obstruye y disminuye el caudal de aire que pasa por el evaporador, este comienza acumular escarcha que puede llegar a convertirse en bloque de hielo y detener el enfriamiento.

Limpiar el drenaje de agua condensada y la bandeja colectora.

El o los ventiladores son movidos por motores eléctricos que deben ser inspeccionados para determinar su consumo eléctrico, su temperatura, estado de rodamientos, conexiones eléctricas, fijación, correas de transmisión.

La válvula de expansión se ubica normalmente aquí y se debe verificar que su funcionamiento esté en el rango correcto para el sobrecalentamiento que produzca un óptimo aprovechamiento de la capacidad del evaporador y al mismo tiempo garantice que bajo ninguna condición se produzca retorno de líquido al compresor. Comprobar que no existan manchas de humedad de aceite en ninguna sección de tubería ni en el panal del evaporador. Es recomendable inspeccionar empleando un detector electrónico de fugas o una fuente de luz UV, si el equipo ha sido previamente cargado con una sustancia compatible, aprobada por el fabricante del equipo y el compresor, que reacciona con luminiscencia fosforescente en presencia de iluminación en esa longitud de onda.

El bulbo sensor del termostato de control debe encontrarse bien montado y asegurado en un sitio predeterminado, para que el accionamiento del termostato (normalmente remoto) produzca efecto de enfriamiento deseado.

- **Tuberías:**

Las tuberías que conectan condensador y evaporador deben estar bien sujetas con bridas y anclajes rígidos que impidan toda vibración. El aislamiento de la tubería de líquido debe estar en buen estado para que no haya posibilidad de que se produzca vaporización en el trayecto hasta la válvula de expansión. Emplear un detector de fugas para inspeccionar todo el trayecto.

En sistemas que incluyan tramos verticales extensos, estar pendiente de que el diseño haya incluido suficientes medidas preventivas (trampas de aceite, doble tubería de distinto diámetro) para garantizar el máximo retorno de aceite al compresor.

Cuadro de análisis de desperfectos en equipos acondicionadores de aire:

OBSERVACIÓN	CAUSA PROBABLE	MEDIDA CORRECTIVA
Presión de descarga elevada en el lado de alta (condensador)	Aire aspirado al condensador muy caliente o insuficiente	Verificar si la capacidad del condensador es suficiente para temperatura ambiente de la zona. Verificar limpieza del panal, ventiladores, aspas
	Panal del condensador obstruido	Eliminar obstrucciones. Limpiar el panal.
	Válvula de retención “check” atascada	Cambiar el componente
	Sobrecarga de refrigerante	Extraer el exceso con un equipo de recuperación
	Ventilador del condensador no trabaja	Confirmar si le llega energía. Revisar conexiones, reparar o sustituir motor
Presión de descarga baja	Aire aspirado al condensador muy frío	Verificar si la capacidad del condensador está diseñada para esa condición climática
	Válvulas del compresor dañadas o coquificadas	Hacer mantenimiento mayor(compresor no hermético) o sustituir (hermético)
Presión de succión alta	Insuficiente carga de refrigerante	Inspeccionar fugas en el sistema, corregir si las hubiera (recuperar el gas, o almacenar en tanque recibidor de líquido), agregar refrigerante.

	Sobrecarga de refrigerante	Extraer el exceso con un equipo de recuperación
Presión de succión baja	Insuficiente carga de refrigerante	Inspeccionar fugas en el sistema, corregir si las hubiera (recuperar el gas, o almacenar en tanque recibidor de líquido), agregar refrigerante.
No enfría o el aire sale caliente	Insuficiente carga de refrigerante	Inspeccionar fugas en el sistema, corregir si las hubiera (recuperar el gas, o almacenar en tanque recibidor de líquido), agregar refrigerante.
	Bulbo de termostato fuera de posición	Colocar bulbo en la posición correcta
	Termostato defectuoso	Sustituir el termostato
	Compresor desenergizado o dañado	Revisar circuito eléctrico de alimentación. Revisar compresor, en caso necesario sustituir
	Evaporador congelado	Descongelar y corregir causa (filtro de succión muy sucio, obstrucción al flujo de aire)
Compresor ruidoso	Retorno de líquido	Chequear sobrecalentamiento. Corregir situación
	Falla de lubricación	Compresor hermético: sustituir Compresor no hermético: reparar
	Componente interno desajustado o suelto	Compresor hermético: sustituir Compresor no hermético: reparar
Compresor no arranca	Presostato de alta o baja accionados	Verificar causa, corregirla
	No recibe energía	Revisar circuito eléctrico
	Contactor que energiza al compresor no recibe señal del termostato	Verificar presencia de señal de control. Corregir causa
Presencia de escarcha en evaporador	Caudal insuficiente de aire	Motor de movimiento de aire del evaporador no gira a la velocidad requerida. La correa de transmisión desliza (en evaporadores de transmisión por correas